

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC  
CENTRO SÓCIO-ECONÔMICO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS

VIVIANY DOS SANTOS

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC) EM UMA  
INDÚSTRIA DE MÁQUINA DE MARCAÇÃO E CORTE A LASER: *Um Estudo de  
Caso***

FLORIANÓPOLIS – SC

2007

**VIVIANY DOS SANTOS**

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC) EM UMA  
INDÚSTRIA DE MÁQUINA DE MARCAÇÃO E CORTE A LASER: Um Estudo de  
Caso**

**FLORIANÓPOLIS – SC**

**2007**

**VIVIANY DOS SANTOS**

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC) EM UMA  
INDÚSTRIA DE MÁQUINA DE MARCAÇÃO E CORTE A LASER: Um Estudo de  
Caso**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Santa Catarina, como um dos pré-requisitos para obtenção do grau de bacharel em Ciências Contábeis.

Orientador: Rogério João Lunkes, Dr.

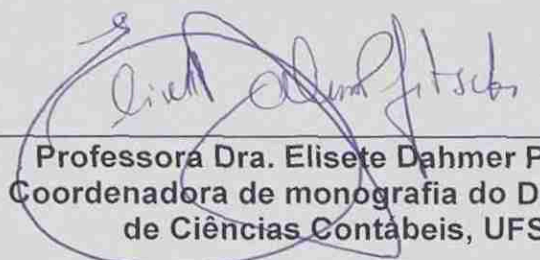
**FLORIANÓPOLIS – SC**

**2007**

VIVIANY DOS SANTOS

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC) EM UMA  
INDÚSTRIA DE MÁQUINAS DE MARCAÇÃO E CORTE A LASER: Um estudo de  
caso**


Esta monografia foi apresentada como trabalho de conclusão de curso de Ciências Contábeis da Universidade Federal de Santa Catarina, obtendo a média geral de 8,0, atribuída pela banca constituída pelo orientador e membros abaixo mencionados.



---

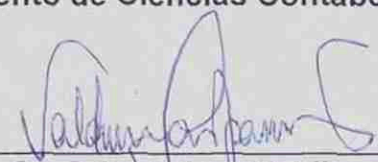
Professora Dra. Elisete Dahmer Pfitscher  
Coordenadora de monografia do Departamento  
de Ciências Contábeis, UFSC

**PROFESSORES QUE COMPUSERAM A BANCA:**



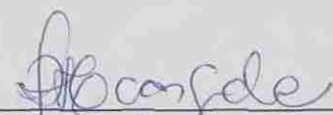
---

Profº. Dr. Orientador Rogério João Lunkes  
Departamento de Ciências Contábeis, UFSC



---

Profª. Dra. Co-Orientadora Valdirene Gasparetto  
Departamento de Ciências Contábeis, UFSC



---

Profª. Dra. Maria Denize Henrique Casagrande  
Departamento de Ciências Contábeis, UFSC

## AGRADECIMENTOS

A Deus, porque me deu força e entendimento para realizar este estudo.

Aos meus pais que incentivaram a prestar vestibular e me deram apoio para realizar este sonho.

Aos meus irmãos que me apoiaram nos estudos das matérias mais difíceis.

Aos amigos mais íntimos que contribuíram com algum conhecimento.

Aos colegas de turma, Michele e Janaina, que sempre colaboraram com conteúdos e conhecimentos no decorrer do curso.

Aos demais colegas do curso de Graduação de Ciências Contábeis.

Ao professor orientador Dr. Rogério João Lunkes, pela paciência e pela experiência no assunto desenvolvido.

As professoras Valdirene Gasparetto e Maria Denize Henrique Casagrande por terem aceitado o convite para participar da banca.

À professora Dra. Elisete Dahmer Pfitscher coordenadora de monografias da UFSC.

Aos demais professores da Universidade Federal de Santa Catarina.

À Universidade Federal de Santa Catarina.

Aos sócios da empresa que foi realizado o trabalho que apoiaram e abriram as portas para este estudo, em especial ao Bruno, que acompanhou todo meu trajeto na empresa.

"Bem-aventurado o homem  
que acha sabedoria, e o homem  
que adquire conhecimento" (Provérbios 3,13)

SANTOS, Viviany. **PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC) EM UMA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS DE MARCAÇÃO E CORTE A LASER:Um estudo de caso.** 2007. 46 f.. Monografia (Curso de Ciências Contábeis), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2007.

## RESUMO

O presente estudo tem como objetivo demonstrar, por meio de um estudo de caso, a aplicação da Teoria das Restrições em uma empresa industrial. Para tanto, apresenta-se como embasamento teórico as origens, os conceitos, os princípios, o desenvolvimento da TOC (Teoria das Restrições), o Modelo Tambor-Pulmão-Corda (TPC), Contabilidade de Ganhos e a Tomada de Decisão. No estudo de caso demonstra-se as diversas atividades produtivas da empresa estudada, onde verifica-se que dentre elas existem fatores de limitação, que fazem com que a produção seja limitada. A TOC atua nestes recursos restritivos de maneira a administrá-los, através dos cinco passos sugeridos pela Teoria das Restrições, de modo a se obter o aprimoramento contínuo da produção. Posteriormente à aplicação dos passos da TOC, chega-se à conclusão de que a empresa pode aumentar sua produtividade sem atrasar a entrega dos produtos e alcançar assim as metas, no entanto precisam investir em mão-de-obra, espaço físico e ferramentas para que os gargalos sejam superados.

Palavras chave:Teoria das Restrições. Processo Produtivo. Tomada de Decisão.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Relação entre o não gargalo e o gargalo .....	18
Figura 2 - Relação de Tempo no Sistema Tambo-Pulmão-Corda.....	25
Figura 3 - Fluxograma do Macroprocesso da empresa pesquisada.....	30
Figura 4 - Fluxograma da produção da empresa estudada.....	32
Figura 5 - Sequência e tempo consumido na montagem dos produtos.....	35

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Tempo consumido na montagem dos conjuntos.....	34
Quadro 2 - Capacidade, em tempo (minutos) de cada processo para 6 produtos .....	37
Quadro 3 - Capacidade, em tempo (minutos) de cada processo para 7 produtos .....	38
Quadro 4 - Capacidade, em tempo (minutos) de cada processo para 10 produtos .....	39
Quadro 5 - Recurso X Capacidade no processo de montagem.....	40
Quadro 6 - Capacidade, em tempo (minutos) de cada processo para 11 produtos .....	42

## LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 1- .....	18
Fórmula 2 - .....	20



## LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CTV	Custo Totalmente Variável
GU	Ganho Unitário
MEP	Material em Processo
MP	Matéria-Prima
OPT	Optimized Production Technology
PV	Preço de Venda
ROI/RSI	Retorno Sobre Investimento
RRC	Recurso com Restrição de Capacidade
SC	Santa Catarina
TOC	Theory of Constraints (Teoria das Restrições)
TPC	Tambor-Pulmão-Corda
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
1.1 Considerações Iniciais .....	9
1.2 Tema e Problema .....	10
1.3 Objetivos.....	11
1.3.1 Objetivo Geral .....	11
1.3.2 Objetivos Específicos .....	11
1.4 Justificativa.....	11
1.5 Metodologia da pesquisa .....	12
1.6 Limitação da pesquisa.....	14
1.7 Organização do trabalho .....	14
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>16</b>
2.1 Teoria das Restrições .....	16
2.1.1 Origem .....	16
2.1.2 Conceitos .....	17
2.1.3 Princípios da TOC .....	20
2.1.4 Desenvolvimento da TOC .....	22
2.2 Modelo Tambor-Pulmão-Corda (TPC).....	24
2.3 Contabilidade de Ganhos.....	26
2.4 Tomada de Decisão na TOC.....	27
<b>3. ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>29</b>
3.1 Apresentação da Empresa.....	29
3.2 Processo Produtivo .....	30
3.3 Etapas de Implementação da TOC .....	36
<b>4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>43</b>
4.1 Conclusões.....	43
4.2 Recomendações para Trabalhos Futuros .....	44
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>45</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Considerações Iniciais

A competitividade, através da qualidade, da eficiência e do controle dos desperdícios tem sido evidência nas indústrias em todo o mundo. As exigências do mercado em relação a inovação de produtos, faz com que o ciclo de produção tenha uma redução, o que leva as empresas à posição de desafios contínuos.

Segundo Nakagawa (1994, p. 296), "a competitividade de uma empresa pode ser definida, em sentido amplo, como sua capacidade de desenvolver e sustentar vantagens competitivas que lhe permitam enfrentar a concorrência". Este é um fator que diferencia a empresa, pois tem-se uma melhoria na eficiência produtiva, fazendo com que as empresas busquem a motivação para enfrentar a concorrência.

Portanto, as empresas vêm se modernizando em decorrência da necessidade de evoluir e acompanhar a globalização, levando empresas situadas em locais geográficos completamente distintos a disputar o mesmo mercado.

Assim, as empresas têm a obrigação de atingir um melhor desempenho, especialmente no que se refere a variáveis como qualidade e flexibilidade, de forma que possam obter uma vantagem competitiva para alcançar o seu objetivo, portanto a eliminação de tarefas que não agregam valor e a redução de desperdícios devem fazer parte das análises feitas pelo gestor.

Com isso, faz-se necessária a utilização de estratégias para que consiga-se eficiência no mercado, procurando oferecer um produto de qualidade e que ao mesmo tempo possua uma margem de contribuição satisfatória, gerando retorno ao negócio.

Busca-se, portanto, encontrar sistemas e filosofias que sejam adequados a esta realidade competitiva e que levem a empresa ao melhoramento contínuo dos resultados.

## 1.2 Tema e Problema

A competitividade tem sido o maior desafio a ser enfrentado pelas empresas, por isso, os gestores de produção vem se inovando devido à grande dificuldade de manter uma produção que consiga satisfazer o mercado em tempo hábil, sem que ocorram perdas relevantes no processo.

Martins (2003, p. 298) explica que “para sobreviver nesses mercados cada vez mais competitivos, a empresa precisa perseguir e alcançar altos níveis de qualidade, eficiência e produtividade, eliminando desperdícios e reduzindo custos”. Com este cenário, para se obter a otimização da produção é necessário um gerenciamento produtivo que não se preocupe somente em reduzir custos unitários, mas procure simplificar o processo de planejamento produtivo.

Para auxiliar e melhorar o processo de planejamento produtivo, foi desenvolvida a Teoria das Restrições, que vem ganhando destaque por ter uma proposta de gerenciamento das limitações produtivas. A produção possui limitações de ordem física (capacidade produtiva), ou de ordem política que restringem o desenvolvimento da empresa no alcance de sua meta, definida por Goldratt e Cox (1997, p. 47) como “[...] ganhar dinheiro”.

Assim, a busca pela maximização do lucro, faz com que as empresas procurem aprimorar seu gerenciamento de produção, de modo a eliminar as restrições do sistema.

Com isso, esta pesquisa propõe a aplicação da Teoria das Restrições, na busca um melhor gerenciamento do processo produtivo.

Logo, a busca pelas restrições, ou seja, a procura pelo elo mais fraco dentro de um processo produtivo é necessária para maximização da produção e redução dos desperdícios, principalmente do tempo. Esses problemas podem ser reduzidos com a busca pelo fortalecimento dos elos fracos do processo. Neste sentido, tem-se o questionamento: como a Teoria das Restrições pode contribuir para a diminuição do tempo de entrega do produto e promover a melhoria dos resultados de uma indústria de produção de máquinas de corte e marcação a laser?



### 1.3 Objetivos

Com a finalidade de facilitar o desenvolvimento deste trabalho, foram determinados o objetivo geral e os objetivos específicos para sua execução.

#### 1.3.1 Objetivo Geral

Propor a aplicação da Teoria das Restrições (TOC) em uma empresa do ramo industrial, que produz máquinas de corte e marcação a laser.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Definir a Teoria das Restrições;
- Identificar as etapas e os métodos que compõem a TOC;
- Descrever o processo produtivo da empresa estudada;
- Identificar os gargalos do processo produtivo e
- Propor medidas de melhoria na empresa estudada, a partir das constatações da Teoria das Restrições.

### 1.4 Justificativa

O interesse por este trabalho, está em adquirir conhecimento na área de gerenciamento de produção, através da Teoria das Restrições (TOC), que visa a procura pelos gargalos do processo. Com isso espera-se perceber e corrigir o que causa a baixa capacidade produtiva, para que a empresa mantenha menos inventário e reduza a despesa operacional, de modo que aumente seus ganhos e mantenha a competitividade no mercado.

Para Noreen, Smith e Mackey (1996), no sistema TOC, muito mais ênfase deve ser colocada sobre a margem de contribuição por unidade de recursos com restrições. Esta estatística-chave oferece informação valiosa para priorizar o uso da restrição, para determinado preço e para tomar decisões sobre aquisição de recursos adicionais.

A Teoria das Restrições evidencia o alcance da meta, ganhar dinheiro, esta filosofia tem sido sucesso em empresas por todo o mundo.

Com o conhecimento adquirido, busca-se repassar para a empresa a importância de se ter um processo que visa um melhoramento contínuo da produção.

Um dos fatores que possuem maior relevância para as organizações são as informações para tomada de decisão, visto que no processo produtivo o objetivo principal é a maximização dos resultados.

Os empresários concentram-se principalmente, em redução de custos como objetivo a ser alcançado pela empresa, e através dos dados fornecidos pela Contabilidade de Custos e seus diversos métodos de mensuração, tomam suas decisões. Logo, a TOC vem apresentando uma nova forma de gerenciamento da produção, utilizando a Contabilidade Gerencial.

### **1.5 Metodologia da pesquisa**

O homem adquire conhecimento de diversas formas: através do que lê, do que ouve e também através da observação, porém este conhecimento, para ser exposto de modo que a idéia sobre determinado assunto fique bem estruturada e sua exposição seja bem compreendida, é necessário utilizar um método científico.

Para Lakatos e Marconi (1992, p. 40), "método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo – conhecimentos válidos e verdadeiros -, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista".

As pessoas adquirem idéias de maneira desordenada, porém todo este acúmulo de conhecimento gera interesse em desenvolver e comprovar as descobertas, através de um método de conhecimento e compreensão confiável. Para tanto foi desenvolvida a metodologia da pesquisa, que veio ordenar as idéias e transformar o conhecimento em um trabalho científico. Conforme descreve Richardson (1999, p.18), "a metodologia são as regras estabelecidas para o método

científico, por exemplo: a necessidade de observar, a necessidade de formular hipóteses, a elaboração de instrumentos etc”.

Segundo Marconi e Lakatos (1986, p.205), a monografia consiste em “um estudo sobre um tema específico ou particular, com suficiente valor representativo e que obedece a rigorosa metodologia, investiga determinado assunto não só em profundidade, mas também em todos os seus ângulos e aspectos, dependendo dos fins a que se destina”.

Quanto à abordagem, este trabalho é uma pesquisa qualitativa, já que segundo Richardson (1999, p.80), “os estudos que empregam uma metodologia qualitativa podem descrever a complexidade de determinado problema, analisar a interação de certas variáveis, compreender e classificar processos dinâmicos vividos por grupos sociais”. e também afirma Richardson (1999, p. 70)

Caracteriza-se pelo emprego de quantificação tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas, desde as mais simples como percentual, média, desvio-padrão, às mais complexas, como coeficientes de correlação, análise de regressão etc.

Portanto, esta tipologia baseia-se em estudos numéricos e de fatos.

Esta pesquisa é descritiva quanto aos objetivos, pois procura descrever as características da empresa, assim como também se utiliza de coleta de dados e procura observar os fatos para interpretá-los e perceber os comportamentos sofridos pela empresa.

O estudo proposto foi desenvolvido através de um estudo de caso, que compreende, segundo Triviños (1987, p. 133), “uma categoria de pesquisa cujo objetivo é uma unidade que se analisa aprofundadamente”, ou seja, com o propósito de demonstrar o comportamento de uma empresa aplicando-se a Teoria das Restrições, onde foram observados seu processo produtivo e como este vem sendo gerenciado. Em seguida foram quantificados seus tempos de produção em cada departamento. Logo após identificou-se as restrições do processo e se fez a simulação de aplicação da TOC, passando por todas suas etapas, assim como também aplicou-se o sistema TPC (Tambor-Pulmão-Corda).



## **1.6 Limitação da pesquisa**

A empresa em estudo possui algumas particularidades em relação a outras empresas do ramo. A produção é por encomenda, e sua fabricação se baseia em apenas um produto, sendo produzido outros tipos muito eventualmente.

No entanto, os resultados obtidos nesta pesquisa não podem ser utilizados como parâmetros por outras empresas do ramo, pois as características e informações utilizadas variam para cada empresa, isto impossibilita que o estudo seja adotado como informação no auxílio à tomada de decisão por outras organizações.

## **1.7 Organização do trabalho**

Este trabalho está dividido em quatro capítulos, a saber: introdução, fundamentação teórica, estudo de caso e conclusões e recomendações.

A introdução discorre sobre a importância deste trabalho, sobre o tema em evidência e o problema a ser respondido no decorrer do estudo. Logo após, tem-se os objetivos geral e específicos, que auxiliarão na resposta do problema, seguidos da justificativa do estudo, a metodologia aplicada, e as limitações da pesquisa e a organização do trabalho.

No capítulo dois, que trata da fundamentação teórica, tem-se a Teoria das Restrições, evidenciando os seus conceitos, origens, princípios e desenvolvimento do método utilizado para a sua realização, assim como a descrição do Tambor-Pulmão-Corda (TPC), incluindo a Contabilidade de Ganhos e por fim a tomada de decisão.

Por sua vez, o terceiro capítulo trata do estudo de caso, iniciando na apresentação da empresa, demonstra-se como ocorre o processo produtivo e logo após é feita a simulação da teoria.

Por fim, o trabalho se encerra com as conclusões alcançadas a partir dos resultados, com as comparações realizadas e as recomendações para futuros trabalhos, a partir do atual estudo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é abordada a Teoria das Restrições, evidenciando os seus conceitos, origens, princípios e desenvolvimento, por conseguinte são conceituados o TPC e a Contabilidade de Ganhos, finalizando com a Tomada de Decisão.

### 2.1 Teoria das Restrições

A Teoria das Restrições ou, em inglês, *Theory of Constraints* (TOC) é uma filosofia em gerenciamento de produção, sendo que esta demonstra a importância de se trabalhar com o mínimo possível de inventário, onde tem-se uma procura pelo melhoramento contínuo da produção.

#### 2.1.1 Origem

A Teoria das Restrições foi criada pelo físico israelense Eliyahu Goldratt, que a divulgou a partir de 1984 no livro "A Meta", que enfoca o principal objetivo da empresa, que é ganhar dinheiro, então desenvolveu um modelo de *software* com base no modelo Tambor-Pulmão-Corda (TPC).

Goldratt elaborou segundo Noreen, Smith e Mackey (1996) o *software* OPT (*Optimized Production Technology*) em sua empresa, *Creative Output Inc*, porém este programa foi aperfeiçoado diversas vezes, devido à experiência adquirida com suas implementações.

Segundo Goldratt e Cox (1990), a forma de gestão tradicional não alcança o objetivo da empresa, devido à concentração em esforços para diminuir o custo unitário dos produtos e esquecer das restrições que compõem um sistema, de maneira que, se este não for resolvido, pode vir a prejudicar a produção e conseqüentemente o resultado da empresa.

### 2.1.2 Conceitos

A Teoria das Restrições direciona a empresa ao gerenciamento da capacidade produtiva, principalmente por atividade.

Esta teoria possui restrições que são definidas como sendo, segundo Corbett Neto (1997, p. 39) "qualquer coisa que impeça um sistema de atingir um desempenho maior em relação à sua meta". Já para Lunkes (2007, p. 99), "a restrição é a atividade com menor capacidade da cadeia de valor, porque limita a produtividade global da empresa". O que leva a afirmar que em um sistema existe pelo menos uma restrição, pois se esta não existisse, o lucro operacional seria infinito.

A TOC busca alcançar a Meta, para isto é necessário descobrir as restrições dentro do processo, a partir do que Goldratt (1991, p. 48) criou a analogia da corrente:

Apenas se lembre do que já sabemos: estamos aqui tratando de 'correntes' de ação. O que determina o desempenho de uma corrente? 'A resistência de uma corrente é determinada pela resistência do elo MAIS FRACO'. Quantos elos mais fracos existem em uma corrente? Enquanto as flutuações estatísticas evitarem que os elos sejam totalmente idênticos, existirá apenas um elo mais fraco numa corrente. Qual é o nome apropriado para o conceito de elo mais fraco, o elo que limita a resistência (desempenho) geral de uma corrente? Um nome muito apropriado é RESTRIÇÃO. Quantas restrições existem numa empresa? Isto depende de quantas correntes independentes existam. Não podem ser muitas.

Goldratt e Cox (1994, p. 40) identificam alguns meios que permitem que a organização ganhe dinheiro, como: "comprar sem pagar muito, empregar bom pessoal, alta tecnologia, fazer produtos de boa qualidade e conquistar uma participação no mercado."

Conforme Goldratt e Cox (1997, p. 58), "um gargalo [...] é aquele recurso cuja capacidade é igual ou menor do que a demanda colocada nele. E o não-gargalo é aquele recurso cuja capacidade é maior do que a demanda colocada nele", conforme exemplificado na figura 1.



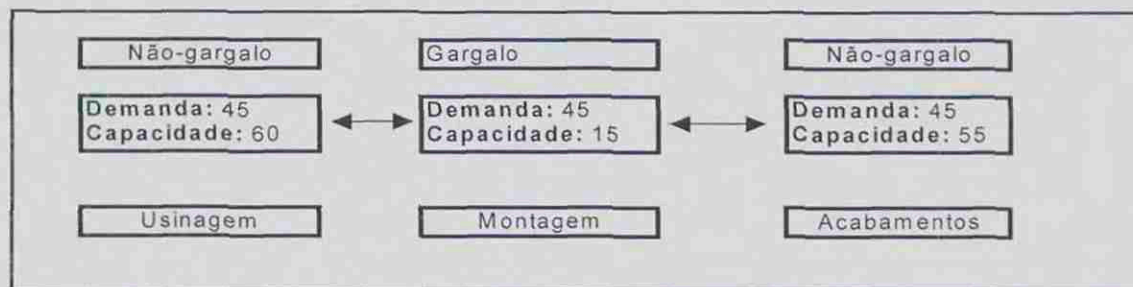


Figura1: Relação entre o não gargalo e o gargalo

Fonte: Elaborada pela Autora

A figura 1 demonstra a demanda em relação à capacidade, caracterizando o que se chama de Gargalo e Não Gargalo, ou seja, tem-se na usinagem uma capacidade de 60, na montagem a capacidade de 15 e no acabamento a capacidade de 55, todos com demanda de 45, logo percebe-se que o gargalo está na montagem, pois esta não possui capacidade suficiente para suprir toda a demanda necessária ao processo.

A montagem vai demorar um tempo maior para acabar seu processo, o que impede o setor de acabamento de exercer sua função até que a etapa anterior seja terminada, ficando assim o acabamento com tempo ocioso. Porém, elevando a capacidade da montagem consegue-se elevar a capacidade produtiva total.

A TOC possui restrições que se dividem entre: restrições físicas e políticas, sendo as físicas encontradas na baixa capacidade de equipamentos, e as políticas percebidas através de comportamentos culturais e de mercados.

O desempenho da teoria está expresso em três variáveis de medidas que avaliam a empresa, são elas: Ganho, Inventário e Despesa Operacional.

**Ganho**, segundo Corbett Neto (1997, p. 43), "[...] é definido como todo o dinheiro que entra na empresa, menos o que ela pagou a seus fornecedores; esse é o dinheiro que a empresa gerou; o dinheiro pago aos fornecedores é dinheiro gerado por outras empresas".

Tem-se como uma das fórmulas para cálculo de Ganho, conforme demonstra Corbett Neto (1991):

$$Gu = Pv - CTV$$

Fórmula (1)

em que: Gu = Ganho unitário do produto

Pv = Preço de venda unitário do produto

CTV = Custo Totalmente Variável, isto é, o montante que varia para cada acréscimo de uma unidade nas vendas do produto (na maioria dos casos somente matéria-prima).

**Inventário** de acordo com Cobergt Netto (1997, p. 45), é "todo o dinheiro que o sistema investe na compra de coisas que pretende vender", sendo em máquinas, equipamentos, construções, materiais etc., porém este estoque formado pela empresa se divide em estoque de matérias-primas, produtos em processo e estoque de produtos acabados, no que a Contabilidade de Ganhos somente assume em seu inventário os CTV e que já foram incorridos a favor de itens no inventário.

Noreen, Smith e Mackey (1996, p. 12), abordam que,

As empresas que possuem inventários de materiais-em-processo maiores do que os de seus concorrentes ficam em séria desvantagem por várias razões. Os tempos de ciclos e os prazos de entrega diminuem quase automaticamente com as reduções no excesso de inventários desse tipo. Se uma fábrica tiver seis semanas de inventário ocioso de material-em-processo a qualquer tempo, então, em média, serão necessárias seis semanas para um trabalho ser completado do início ao fim, além do seu tempo real de processamento.

Com isso, torna-se imprescindível o controle do inventário, de forma a mantê-lo sempre baixo para minimizar o prazo de entrega do produto.

**Despesa Operacional** é todo o dinheiro que o sistema gasta transformando investimento em ganho. Segundo Giuntini, Giorgi, Pizolato e Xavier (2002, p. 06),

É o dinheiro que sai do sistema, como: remuneração do trabalho, consumo de serviço público, suprimentos, inclusive a depreciação do ativo e, também, considerada Despesa Operacional por construir o valor de um ativo fixo que foi gasto ou usado durante o processo de transformação de inventário em Ganho.

Logo, a despesa operacional também tem que ser mantida baixa, pois se houver o aumento da mesma a Meta não será alcançada, portanto não haverá ganho no processo, porque a despesa operacional é todo o dinheiro que o sistema gasta para transformar o inventário em ganho.

A empresa também possui medidas ou parâmetros para alcançar a Meta. Conforme Goldratt e Cox, o Retorno sobre o Investimento (ROI) refere-se à parte dos inventários que incluem também as construções. A avaliação da rentabilidade do investimento será em função do próprio investimento e não em função do patrimônio líquido, como funciona na contabilidade tradicional, sendo assim calculados:



**Retorno sobre Investimento (ROI)**

Fórmula (2)

$$\text{ROI} = \frac{(+)\text{ Ganho } (-)\text{ Despesas Operacionais}}{\text{Inventário}}$$

O fluxo de caixa é utilizado para demonstrar os recebimentos e pagamentos nas transações. Para Guerreiro (1996 p. 10), “[...] o fluxo de caixa é considerado por Goldratt e Cox como sendo muito mais uma situação necessária para sobrevivência da empresa do que propriamente um medidor de alcance da meta”.

No entanto, fluxo de caixa evidencia a quantidade de dinheiro em espécie que a empresa possui disponível em determinado momento, onde se tem o controle de medidas da TOC sendo: o ganho que é o dinheiro que entra, inventário sendo o dinheiro que permanece no sistema através das mercadorias e materiais e a despesa operacional que é o dinheiro a ser desembolsado para a realização do ganho.

O lucro líquido, segundo a teoria das restrições, é a diferença entre o ganho e as despesas operacionais. Para Goldratt e Cox (1990, p.57), “a meta é aumentar o lucro líquido aumentando simultaneamente o RSI e o fluxo de caixa, e isso é equivalente a dizer que a meta é ganhar dinheiro”.

O ROI e RSI são usados como sinônimos.

**2.1.3 Princípios da TOC**

As empresas possuem em sua produção diversas restrições ou gargalos, e não restrições ou não gargalos, a teoria das restrições se relaciona com estes dois recursos, sendo que a descoberta do gargalo dentro do processo é necessária para que haja continuação do mesmo. O gargalo que limita o ganho de um sistema inteiro é definido como Recursos com Restrições de Capacidade ou, simplesmente, “RRC”. Um recurso não-gargalo é qualquer recurso cuja capacidade é maior do que a demanda aplicada nele.

Conforme afirma Cobertt (1997, p. 39), “a TOC é baseada no princípio de que existe uma causa comum para muitos efeitos, de que os fenômenos que vemos são consequência de causas mais profundas. Esse princípio nos leva a uma visão sistêmica da empresa”. Com isso, percebe-se que uma falha dentro do sistema pode



causar diversos problemas, pois trata-se de uma corrente que precisa estar ligada em todos os pontos e que precisa funcionar de forma contínua para não haver efeitos contrários ao processo.

Sendo que, para atingir a meta Goldratt e Cox (1990) estabelecem nove princípios que foram relacionados segundo Guerreiro (1996) como:

- 1) Balancear o fluxo e não a capacidade;
- 2) O nível de utilização de um recurso não gargalo não é determinado pelo seu próprio potencial e sim por outra restrição de sistemas;
- 3) A utilização e ativação de recursos não são sinônimos;
- 4) Uma hora perdida no gargalo é uma hora perdida no sistema inteiro;
- 5) Uma hora economizada onde não é gargalo é apenas uma ilusão;
- 6) Os gargalos governam o ganho e o inventário;
- 7) O lote de transferência não pode e muitas vezes não deve ser igual ao lote de processamento;
- 8) O lote de processamento deve ser variável e não fixo;
- 9) Os programas devem ser estabelecidos considerando todas as restrições simultaneamente.

No princípio, a ênfase é atribuída ao fluxo de materiais e não sobre a capacidade instalada dos recursos, tendo o gargalo como sendo o fator que determina o desempenho do sistema.

O segundo evidencia que a utilização de um recurso não gargalo é determinado por um recurso gargalo, pois se dentro de um ciclo operacional houver alguma falha dentro do processo este ficará impedido de continuar.

O terceiro mostra que a utilização de um recurso e sua ativação não são iguais, ou seja, o recurso não gargalo corresponde a sua utilização conforme a capacidade do recurso gargalo. Logo, a ativação de um recurso não gargalo corresponde ao seu uso em volume que é superior à necessária pelo recurso gargalo.

O quarto refere-se a perda de tempo em um recurso gargalo que representa perda em todo o processo, pois este impede a continuação da produção. Como o processo tem impedimentos (gargalos) se este não for sanado significará a diminuição do tempo total disponível para atender o volume de vendas.

O quinto refere-se ao recurso não gargalo, sendo que este não influencia no volume de vendas. Por ser um recurso sem impedimentos somente aumentará seu tempo ocioso.

O sexto demonstra que os recursos gargalos governam o ganho e o inventário, pois estes são controlados de acordo a atender a demanda que através

do processo contínuo conseguem controlar o inventário e conseqüentemente governam o ganho.

O sétimo tem o intuito de diminuir o tempo de passagem da área produtiva da empresa. O lote de processamento não deve ser igual ao lote de transferência, assim tem-se a produção em continuidade.

O oitavo evidencia que nem todas as operações têm o mesmo tamanho de lote. Pode ocorrer de algumas operações terem mais lotes do que outras.

O nono e último considera as restrições simultaneamente e não na seqüência, ou seja, deve-se considerar o conjunto de restrições existentes quando da programação da produção, ao responder questões do tipo o quê, quando e quanto produzir.

#### **2.1.4 Desenvolvimento da TOC**

O gerenciamento das restrições tem que ser realizado através do processo de aprimoramento contínuo, e para facilitar o alcance dos objetivos almejados pela empresa é necessário seguir cinco etapas, que são segundo Goldratt e Cox (1990):

Passo 1. Identificar a(s) restrição(ões) do sistema.

Passo 2. Explorar a(s) restrição(ões) do sistema.

Passo 3. Subordinar qualquer outro evento à decisão anterior.

Passo 4. Elevar a(s) restrição(ões) do sistema.

Passo 5. Se em algum passo anterior a restrição for quebrada, voltar ao passo um. Não deixe que a inércia seja a maior restrição do sistema.

A TOC funciona em um processo contínuo onde são seguidos passos que não podem ser interrompidos, para que, não ocorra a inércia, pois esta pode tornar-se outra restrição.

Portanto, o primeiro passo pode ser facilmente percebido se houver no processo uma boa administração, pois identifica-se o excesso de inventário a frente da restrição. No entanto, se não ocorrer a boa administração ficará muito difícil de perceber onde está localizado o gargalo que pode estar disperso na produção.

Goldratt e Cox (1990) evidenciam que uma restrição física é fácil de ser superada depois de detectada, porém uma restrição política, como por exemplo, o Marketing a política de uma empresa pode ser de nunca cortar os preços abaixo dos



custos totalmente alocados aos produtos, o que a torna mais complexa e difícil de ser encontrada.

O próximo passo é perceber alguns recursos com limites de capacidade, como exemplificam Noreen, Smith e Mackey (1996) identificar unidades defeituosas destinadas a sucatas que devem ser removidas do fluxo de trabalho antes de chegarem no gargalo, mão-de-obra também podem ser acrescentadas nos gargalos para que este seja mantido em operação, assim deve ser tomada a decisão entre o produto que se obtenha maior ganho.

No terceiro passo, segundo Bornia (2002), a utilização de todos os recursos deve estar vinculada ao uso das restrições. Não adianta extrair o máximo possível de um recurso não-gargalo, pois o sistema não terá capacidade de processar tudo, gerando estoques intermediários. Por isso, não deve-se ter uma alta demanda no não-gargalo, mas sim deve ser administrada a capacidade e a demanda do gargalo para que este possa dar continuação no processo.

Exemplificando este passo, Noreen, Smith e Mackey (1996, p. 46) afirmam que, "o exemplo mais claro de subordinação é fornecida pelo sistema de programação TPC, no qual a restrição estabelece o ritmo de todo o sistema. Outro exemplo é o uso de medições de utilização e eficiência para a restrição que se concentra nos esforços para maximizar o ganho em toda a fábrica". Estes sistemas mostram como se comporta o gargalo devido à demanda obtida pelo não gargalo, pois os dois recursos têm que estar em sincronia para se obter um processo contínuo.

O seguinte passo busca o aumento da capacidade dos recursos gargalos para que estes suportem a demanda vinda de um recurso não-gargalo de modo que sejam cumpridas mais algumas etapas do processo. A elevação das restrições pode ser solucionada com a compra de máquinas ou contratação de pessoal, se a falta de um destes elementos no processo for uma restrição.

Logo, o último passo é a confirmação da realização das etapas anteriores, pois o sistema é uma corrente, onde não se consegue a continuação do processo se uma parte estiver quebrada, porém isto pode ocorrer e neste caso terá que se voltar ao primeiro passo.

A TOC trabalha com restrições políticas e físicas, que podem ser resolvidas pelo processo de raciocínio. Este é um processo de lógica desenvolvido por Goldratt.

Este processo pode ajudar aos gerentes a caminhar em direção do ganho, porém conforme afirmam Noreen, Smith e Mackey (1996, p. 49)

O Processo de Raciocínio começa com a premissa que, para melhorar, as pessoas precisam ser capazes de responder a três perguntas: "O que Mudar?" "Para o quê mudar" e "Como mudar?" O Processo de Raciocínio consiste de ferramentas analíticas formais, que pretendem ajudar as pessoas a responderem a essas três perguntas.

Todavia este processo começa listando os efeitos de limitação do sistema que é obtido através da resposta aos questionamentos do Processo de Raciocínio tendo-se um direcionamento para começar as etapas da TOC.

## **2.2 Modelo Tambor-Pulmão-Corda (TPC)**

O método TPC (Tambor-Pulmão-Corda) é aplicado à Programação e Controle da Produção. Para se desenvolver este modelo primeiramente é necessário identificar a restrição, ou seja, o elo mais fraco. Para Noreen, Smith e Mackey (1996), o Tambor estipula o ritmo da produção, sendo o tempo definido para os outros recursos como a velocidade com que os produtos entram na expedição, assim como, a matéria-prima é liberada.

Todavia, os eventos aleatórios podem acontecer a qualquer momento, como identificou Goldratt (1990), no livro *A Meta*, onde os escoteiros para não se dispersarem, são organizados na fila indiana onde o mais lento fica a frente determinando a velocidade dos demais, porém pode acontecer de um escoteiro parar para pegar algo. Este evento é previsto pelo TPC.

Com isso, tem-se o pulmão, que protege o sistema desses eventos através de um intervalo de tempo, ou seja, se algum imprevisto ocorrer no processo existe um intervalo de tempo para que tudo volte a funcionar de acordo com o ciclo produtivo. Sendo o tamanho do pulmão identificado por Noreen, Smith e Mackey (1996, p. 35) como,

O tamanho do pulmão de expedição é determinado subjetivamente, comparando os custos de retenção dos inventários dos produtos acabados com as consequências de não cumprir as datas de entrega, levando em conta o tamanho e a frequência dos atrasos que as flutuações e interrupções estatísticas podem produzir.

Para que não ocorra o aumento excessivo de estoque em processo, o material é liberado no mesmo ritmo que o recurso com restrição o consome, onde tem-se a Corda.

O sistema TPC é utilizado com sucesso, aumentando o ganho, reduzindo os inventários, com influência direta no prazo de entrega dos produtos, obtendo-se vantagens em relação à concorrência.

A figura 2 demonstra a relação do sistema TPC.

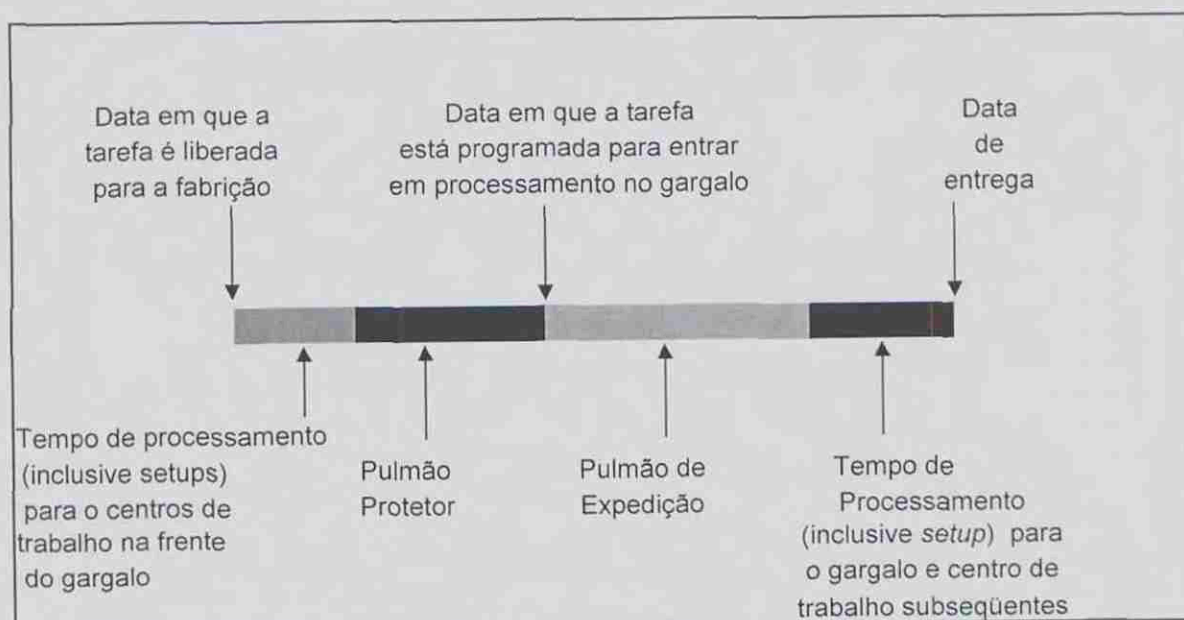


Figura 2 – Relação de Tempo no Sistema Tambor-Pulmão-Corda

Fonte: Noreen, Smith e Mackey (1996, p. 35).

Através da figura 2, consegue-se perceber a importância do tempo no processo de fabricação, de modo que, se respeitados todos os critérios baseados no TPC, consegue-se um processo sem atraso de demanda.



## 2.3 Contabilidade de Ganhos

Com a revolução industrial e o aumento da tecnologia houve um grande impacto no mercado, que encontrava-se inexplorado. A contabilidade teve que se adequar às necessidades apresentadas e deixou de evidenciar somente a Contabilidade Financeira, para evidenciar também a Contabilidade de Ganhos.

A Teoria das Restrições tem por objetivo o alcance da Meta, ganhar dinheiro, com isso chegou-se à conclusão de que é necessário descobrir qual a restrição do sistema e trabalhar nela, para atingir seu objetivo. Portanto, para ganhar dinheiro é necessário aumentar o fluxo de caixa e para isso a empresa precisa obter ganho. Conforme afirmam Noreen, Smith e Mackey, (1996, p. 15),

A definição oficialmente aceita de Ganho é: Receita menos "custos totalmente variáveis". Todavia, na maior parte da literatura TOC, "Ganho foi definido como receita menos materiais diretos. Na prática observamos ambas as versões em uso. Algumas empresas deduzem apenas os materiais diretos da receita para chegar ao ganho, enquanto outras deduzem o custo variável, tais como subcontratação, custos de vendas variáveis e custos de embarque variáveis.

A empresa precisa organizar suas atividades a fim de aumentar o ganho, que somente será obtido se diminuir o inventário e a despesa operacional, pois se um processo possui um inventário alto significa que há gasto com estocagem, principalmente com material-em-processo (MEP) e a despesa operacional é o gasto que se tem ao adquirir inventário e o transformar em ganho.

Contudo, se o inventário for alto significa que não está sendo processado, e a despesa que era para ser transformada em ganho continua reduzindo o resultado, por seu custo não ser superado pela receita.

Segundo Bornia (2002. P. 157), "a idéia básica da TOC é encontrar as restrições que limitam os ganhos da empresa e gerenciar eficazmente a utilização destas restrições, garantindo a maximização do lucro frente às condições atuais da empresa". Por isso, é preciso ter um sistema homogêneo, onde o processo produtivo ocorra de forma contínua, pois se isto não ocorrer pode-se ter um gargalo a ser trabalhado.

As organizações tentam investir em produtos com maior ganho e menor tempo dentro da restrição, no entanto se um produto for comparado com outro de modo que um tenha maior ganho e o outro menor tempo na restrição a empresa terá que optar pelo melhor.

Logo, para decidir qual produto será mais vantajoso é necessário dividir o ganho unitário do produto pelo tempo gasto na restrição, assim obtem-se o ganho por tempo de restrição e através desta informação consegue-se escolher o produto que contribui para a lucratividade.

A contabilidade de ganhos é baseada na Teoria das Restrições, por isso, não aloca custos aos produtos por entender que a tomada de decisão não é influenciada pelo custo unitário e sim pelo ganho nos produtos, por isso, a Contabilidade de Ganhos serve como uma ferramenta para a tomada de decisão.

## 2.4 Tomada de Decisão na TOC

A informação é fundamental para a tomada de decisão, por isso, para uma análise da situação da empresa é preciso comparar os fatos passados com os futuros para que consiga-se obter as variações ocorridas na produção (produto) e nas operações financeiras (vendas) através dos dados coletados.

A tomada de decisão possui elementos que a antecedem, evidenciados por Securato (1996) como sendo a experiência, julgamento e ambiente. Ainda para se decidir por algum método de trabalho tem-se fatores de risco, incerteza e probabilidades que precisam ser consideradas dentro do processo.

As restrições são de dois tipos sendo restrições físicas ou de recursos, abrangem o mercado, fornecedores, máquinas, materiais, projetos e pessoas, onde o gargalo mostra sua capacidade insuficiente.

O gerenciamento dos gargalos é influenciado por esses fatores, que devem ser superados à medida que são detectados dentro do sistema. Através da observação feita no processo produtivo e utilizando o processo de raciocínio se encontrará a solução da incapacidade existente.



No entanto para se tomar decisões acertadas não basta seguir apenas os processos existentes, pois estes precisam de informações precisas para que seus resultados minimizem os erros, também é necessário que haja veracidade nas informações fornecidas de modo que a decisão seja a mais correta possível.

Na TOC o processo decisório, enfoca o mundo dos ganhos, rejeitando os rateios e direcionadores de custos, pois o método evidencia que o preço dos produtos é determinado pelo mercado e não pelo custo.

### 3. ESTUDO DE CASO

A Teoria das Restrições tem despertado o interesse por parte de empresários e acadêmicos, pois apresenta uma alternativa para substituir os sistemas desenvolvidos com intuito de minimizar os custos, por isso a TOC se apresenta como uma alternativa para elencar os objetivos almejados pela empresa, ou seja, ganhar dinheiro.

O cenário utilizado foi uma indústria, cujo nome não será apresentado no trabalho, por solicitação da empresa, que pretende manter seu nome em sigilo, desenvolvendo-se uma proposta de aplicação da Teoria das Restrições.

Neste capítulo é apresentada a empresa em estudo, e seu processo produtivo atual. Também, identificam-se as restrições da produção e suas possíveis soluções, bem como o resultado obtido com a aplicação da TOC.

#### 3.1 Apresentação da Empresa

A instituição objeto de estudo é uma empresa brasileira, fundada no ano de 2001 por engenheiros oriundos de grupos de pesquisa do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Seu foco está na produção e comercialização de máquinas automáticas de corte e marcação a laser. Atua em todo o mercado nacional, com uma rede de representantes nos principais centros do Brasil e também em países como Portugal, Argentina, Uruguai e Bolívia.

A unidade da empresa estudada está localizada na cidade Florianópolis-SC. A organização conta com um diretor e quatro sócios, e um quadro de trinta e seis funcionários distribuídos em diversas atividades. Seu espaço físico ocupa uma área de 100 m<sup>2</sup>, em prédio alugado. Possui como produtos, máquinas de gravação a laser, sendo algumas delas: Assia, Brasa, Avanza, Futura CO2, Futura Yag, Prisma e Vista. Algumas dessas máquinas gravam, outras cortam, outras gravam e cortam,

mas apesar de terem a mesma função, possuem capacidades diferentes de produção.

A empresa cria e desenvolve sua própria tecnologia e vende seus equipamentos para diversas indústrias de renome no Brasil e na América Latina. É líder no mercado nacional de máquinas de corte a laser para a indústria têxtil. Sendo que a empresa tem seu foco na produção do produto Prisma, uma máquina que executa as funções de gravação a laser em tecidos e acrílicos, além de cortar as peças fabricadas. Os demais produtos (máquinas) são fabricados eventualmente, sendo a máquina Prisma a mais vendida.

### 3.2 Processo Produtivo

Atualmente, a empresa trabalha sem nenhum planejamento produtivo, apenas produz os produtos já comercializados (a empresa trabalha por encomenda a partir dos pedidos dos clientes), porém vem sendo observado que sua produção não tem suprido toda a demanda de mercado. Com a aplicação da TOC, espera-se melhorar a utilização dos recursos.

O macroprocesso da empresa é apresentado na figura 3.

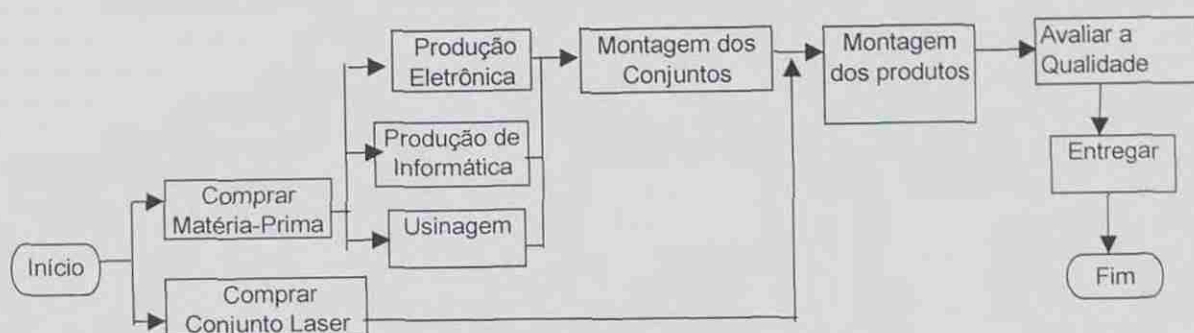


Figura 3 – Fluxograma do Macroprocesso da empresa pesquisada

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme a figura 3, identificando os processos que compõem, de maneira sintética, a produção da indústria, que se divide em sete processos: Compras (matéria-prima e conjunto laser), Produção Eletrônica, Usinagem, Produção de

Informática, Montagem (dos conjuntos e do produto), Avaliação de Qualidade e Entrega. Todos estes processos serão analisados, a fim de se encontrar os possíveis gargalos da produção.

Os processos da figura 3 são necessários para mostrar o processo produtivo da empresa. No entanto, é necessário detalhá-lo para que as atividades realizadas sejam verificadas, pois pode haver restrição em alguma atividade do processo.

A figura 4 mostra o macroprocesso da empresa estudada, representado com maior nível de detalhe. Para dar foco ao trabalho, decidiu-se analisar as atividades envolvidas apenas na produção.

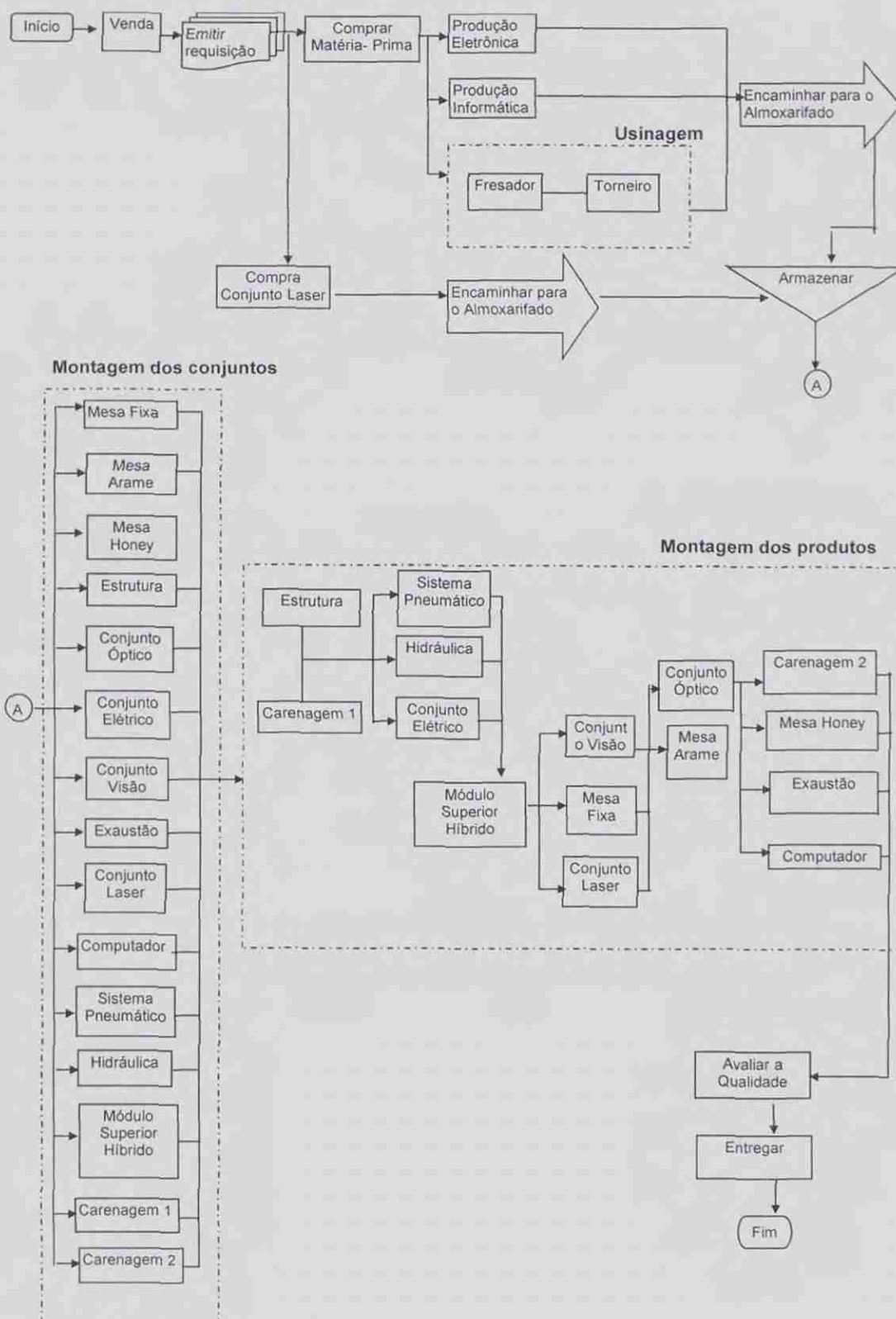


Figura 4 – Fluxograma da produção da empresa estudada

Fonte: Elaborada pela autora.



O fluxograma da figura 4, demonstra todas as atividades que envolvem a produção. Através deste detalhamento, consegue-se perceber como são desenvolvidas as etapas produtivas. A figura 4 é de relevância para a realização do trabalho, pois é através destes passos que se percebe onde estão os gargalos produtivos. No entanto, faz-se necessária uma explicação sobre a realização de cada atividade inserida no fluxograma, pois neste momento já é possível perceber se há atividades que não são gargalos. Então, se isto for constatado não é necessário analisá-las.

Na seqüência são descritas as atividades que envolvem toda a produção, seguindo os passos apresentados na figura 4.

### **Compra de Laser**

Ocorre após a requisição de produção, que é realizada pelo setor comercial. O recebimento deste material demora aproximadamente cinquenta dias, por isso é solicitado com antecedência de três meses, com base na previsão de venda. Esta atividade não interfere no tempo de produção, devido à posição de sempre manter o material em estoque, por levar um tempo muito grande em sua aquisição.

### **Compra de Matéria-Prima**

Esta etapa é realizada pelo setor comercial. Após ter recebido a requisição de matéria-prima necessária para confecção do produto que será expedido, o setor faz a solicitação aos fornecedores, que demoram cerca de 15 dias para entregar a MP ao setor de usinagem, 60 dias para a produção eletrônica e 10 dias para a produção de informática. Estes materiais também são mantidos em estoque.

### **Usinagem**

Esse processo inicia no momento em que a área comercial envia o pedido das peças a serem usinadas junto com o material (barras de alumínio). Nesta atividade, existem duas máquinas, sendo ambas utilizadas na fabricação do produto. São elas o Torno e a Fresa. Após prontas, essas peças vão para o almoxarifado. Esta atividade consome 960 minutos para sua execução.

## Produção Eletrônica

A realização desta fase produtiva ocupa um operário, que leva 1.440 minutos para a produção de toda a parte elétrica do produto, e recebe do setor de compras todo o material de fios e placas para a confecção dos conjuntos elétricos que serão instalados no produto.

## Produção de Informática

Ocorre após a chegada do material (computador) ao setor de produção. A este é acoplada toda a programação que dará o comando para a máquina realizar suas funções. Com o término desta atividade, que consome 480 minutos trabalhados, o computador é enviado ao almoxarifado.

## Almoxarifado

É o local onde as peças e os conjuntos ficam aguardando a solicitação da montagem. Esta etapa é totalmente dependente da montagem, pois neste setor ficam armazenadas as peças e os conjuntos para confecção do produto, por isso o tempo que esta atividade consome é igual ao da montagem.

## Montagem dos Conjuntos

O tempo consumido na produção dos conjuntos é apresentado no quadro 1.

Conjunto	Nº horas	Conjunto	Nº horas	Conjunto	Nº horas	Conjunto	Nº horas
Mesa fixa	2	Conjunto Óptico	1	Conjunto Laser	0,3	Módulo Híbrido	12
Mesa Arame	4	Conjunto elétrico	32	Computador	8	Prisma	
Mesa Honey	4	Conjunto Visão	3	S. Pneumático	1	Carenagem 1	0

Quadro 1 – Tempo consumido na montagem dos conjuntos

Fonte: Elaborada pela Autora

O quadro 1 mostra o tempo que o setor de montagem dos conjuntos utiliza para cada uma das atividades que serão incorporados ao produto. São fabricados em paralelo, pois uma das atividades para ser montado, não depende do término de um outro conjunto.

Esta etapa é dependente das anteriores. Para se produzir (montar) os conjuntos, é necessário que todas as peças da produção eletrônica, produção de informática, usinagem e matéria-prima estejam no almoxarifado.



## Montagem dos Produtos

Somente torna-se possível a realização desta fase, se for respeitada a seqüência de alocação dos conjuntos, conforme demonstrado na figura 5.

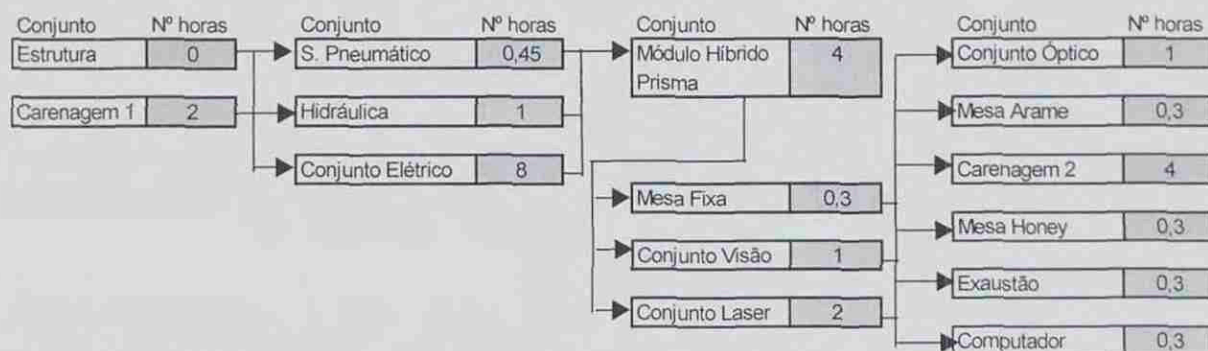


Figura 5 - Seqüência e tempo consumido na montagem dos produtos

Fonte: Elaborado pelo autor

Neste momento identifica-se a seqüência a ser respeitada, assim como, percebe-se o tempo consumido em cada atividade deste processo. Através do quadro 1 e da figura 5 tem-se as etapas de produção, referentes aos conjuntos (montagem dos conjuntos) e a incorporação dos mesmos ao produto (montagem dos produtos), resultando um tempo total de 69,45 horas, que corresponde 4.167 minutos trabalhados na montagem (conjuntos e produtos).

## Avaliar a qualidade

É a última etapa da produção, onde ocorre a inspeção dos produtos fabricados. São diversos os testes realizados com a máquina operando nas piores condições, ou seja, ambiente sem circulação de ar e em velocidade máxima de confecção. Esta etapa demora 960 minutos para ser executada. Se aprovado, o produto fica à espera do cliente que irá retirá-lo na fábrica.

Com a descrição das atividades do processo, percebe-se que as atividades de compra de matéria-prima e de laser não representam gargalos, porque as compras são feitas com antecedência, existe sempre estoque destes materiais e a produção não precisa aguardar para que essas atividades sejam realizadas antes de iniciar as etapas seguintes.

Na montagem do conjunto elétrico (quadro 1) percebe-se que há um maior tempo sendo consumido, no entanto por esta etapa possuir um tempo de fabricação de 32 horas, a empresa já trabalha, nesta atividade, com estoque.

### 3.3 Etapas de Implementação da TOC

A empresa estudada tem sentido dificuldades em suprir toda a demanda que o mercado tem exigido. Por isso, está se avaliando a aplicação da TOC.

A aplicação da TOC deve ser iniciada com a pergunta básica feita por Goldratt: "Qual é a meta da empresa?" A empresa estudada é uma indústria de produção do ramo de máquinas de corte e marcação a laser, que visa o lucro. Portanto, a meta será ganhar dinheiro.

#### 3.3.1 Identificando a Restrição do Sistema

Identificada a meta, aplica-se os passos sugeridos pela TOC. O primeiro deles é identificar a(s) restrição(ões) do sistema, ou seja, será identificado o que está limitando a capacidade de produção.

Questionando o gerente de produção sobre sua percepção quanto à existência de gargalos na fábrica, ele afirma que existem, pois muitas vezes o produto já foi vendido, mas encontra-se parado, em alguma tarefa do processo, por falta de mão-de-obra e aguardando a finalização de outra tarefa, com isso, a empresa não consegue atender todos os seus clientes em tempo hábil.

Considerando a linha de produção da empresa estudada, a fabricação dos produtos é dividida em 5 processos. Não foi considerada a atividade de compra, montagem do conjunto elétrico e a entrega do produto, porque estas etapas não são gargalos, já que as duas primeiras trabalham com estoque. No caso da entrega, o cliente retira o produto da fábrica. Assim os processos avaliados são:

- Usinagem;
- Produção eletrônica;
- Produção informática;
- Montagem (dos conjuntos e dos produtos) e
- Avaliar a qualidade.

No quadro 2, estão demonstrados os cálculos necessários para encontrar a capacidade de cada processo da linha de produção da empresa estudada, considerando que a empresa possui uma jornada de trabalho de 5 dias semanais e 8 horas por dia, equivalendo a 9.600 minutos por trabalhador mensais.

O processo 1 possui 2 funcionários, o processo 2 possui 1, o processo 3 tem 1, processo 4 possui 3 funcionários (um eletricista e dois mecânicos), sendo que neste processo, que envolve a montagem dos conjuntos e dos produtos, as atividades são executadas pelas mesmas pessoas, estas são multifuncionais e, por fim, o processo 5 conta com 1 operário. Estes dados estão sendo considerados para a obtenção dos resultados que constam nos quadros 2,3 e 4.

A empresa possui a capacidade atual conforme demonstrado no quadro 2.

Processos	Quantidades de produto	Demanda de tempo por produto em (min.)	Demanda de tempo por processo	Capacidade em (min.) por processo	Diferença (min)
Usinagem	6	960	5.760	19.200	13.440
Produção Eletrônica	6	1.440	8.640	19.200	10.560
Produção de Informática	6	480	2.880	9.600	6.720
Montagem (dos conjuntos e produto)	6	4.167	25.002	28.800	3.798
Avaliação da Qualidade	6	960	5.760	9.600	3.840

Quadro 2- Capacidade, em tempo (minutos) de cada processo para 6 produtos

Fonte : Elaborada pela Autora

O quadro 2 demonstra os 5 processos realizados no sistema produtivo da empresa. A demanda de tempo por processo em minutos é obtida através dos dados coletados na empresa, conforme descrito na explicação de cada processo referente à figura 4. A demanda de tempo por processo é a multiplicação do tempo consumido em 1 produto com o consumido em 6 produtos (a quantidade de produtos que a empresa produz mensalmente hoje). Já a capacidade é obtida através do número de operários com seu tempo de trabalho no mês. A diferença é obtida pela diferença entre a disponibilidade e o tempo por processo.

Com os tempos que atualmente são consumidos em cada processo de fabricação do produto, a empresa produz 6 máquinas por mês, porém vem sendo observado por seus gestores que o mercado tem demandado um número maior de unidades, e que a empresa pesquisada não tem sido capaz de produzir. Por isso, é preciso verificar o que vem limitando sua capacidade.



Com o intuito de verificar qual o processo que impede a fabricação de um maior número de produtos, tem-se o quadro 3, considerando a produção de 7 unidades por mês.

Processos	Quantidades de produto	Demanda de tempo por produto em (min.)	Demanda de tempo por processo	Capacidade em (min.) por processo	Diferença (min)
Usinagem	7	960	6.720	19.200	12.480
Produção Eletrônica	7	1.440	10.080	19.200	9.120
Produção de Informática	7	480	3.360	9.600	6.240
Montagem (dos conjuntos e produto)	7	4.167	29.169	28.800	(369)
Avaliação da Qualidade	7	960	6.720	9.600	2.880

Quadro 3- Capacidade, em tempo (minutos) de cada processo para 7 produtos

Fonte : Elaborada pela Autora

Com o quadro 3, percebe-se que há incapacidade produtiva para 7 produtos, sendo que o tempo de entrega não seria respeitado, devido à limitação de tempo encontrada no processo de montagem. Tem-se uma produção limitada a 6 produtos, sendo que apenas 1 produto a mais já se encontra um gargalo produtivo.

Contudo, não são 7 produtos que a empresa demanda, mas são 10 produtos que o mercado vem exigindo, segundo estudos de mercado realizados pela empresa, através dos pedidos de venda feitos à empresa, que por sua vez são negados ao cliente por falta de capacidade produtiva, por isso, verifica-se que não são 6 produtos que a empresa estudada deve produzir, mas são 10 produtos. Com isso, é necessário observar o quadro 4.



Processos	Quantidades de produto	Demanda de tempo por produto em (min.)	Demanda de tempo por processo	Capacidade em (min.) por processo	Diferença (min)
Usinagem	10	960	9.600	19.200	9.600
Produção Eletrônica	10	1.440	14.400	19.200	4.800
Produção de Informática	10	480	4.800	9.600	4.800
Montagem (dos conjuntos e produto)	10	4.167	41.670	28.800	(12.870)
Avaliação da Qualidade	10	960	9.600	9.600	0

Quadro 4- Capacidade, em tempo (minutos) de cada processo para 10 produtos

Fonte : Elaborada pela Autora

O quadro 4 mostra o primeiro gargalo do processo, que encontra-se na Montagem (dos conjuntos e do produto final) com uma falta de 12.870 minutos, este é o tempo que atrasa a entrega ao cliente.

Assim sendo, os 10 produtos propostos a serem produzidos não são passíveis, devido à extrapolação da capacidade.

Com este gargalo, também verifica-se que se a empresa planejar ampliar sua área produtiva teria outra restrição, pois apesar de ter espaço, este encontra-se ocupado com material que é inutilizado pela empresa.

Com a localização dos gargalos, aplica-se o segundo passo da TOC.

### 3.3.2 Decidindo como Explorar a Restrição (ou Restrições) do Sistema

Neste passo, a proposta é um pouco mais subjetiva, partindo das constatações da pesquisa. A escolha da medida correta para atender a este passo seria a que surtisse o melhor resultado em termos de aproveitamento do gargalo.

A primeira e maior restrição encontra-se na montagem, em que há capacidade insuficiente para suprir a demanda do mercado.

Este gargalo poderia ser eliminado com a contratação de 2 funcionários, sendo um para o turno integral e outro trabalhando meio período.

A restrição da capacidade de espaço, que não permite o aumento da fábrica em curto prazo, exige neste passo o aproveitamento do espaço ocupado pelos operários e as ferramentas que os mesmos utilizam. Isto significa dizer que a disposição dos operários e o *layout* da produção devem ser estudados de maneira a

se aproveitar da melhor forma possível cada metro quadrado do espaço físico utilizado.

### 3.3.3 Subordinar Tudo à Decisão Anterior

Neste passo, evidencia-se a necessidade da aplicabilidade do TPC que, através do tambor, estabelece se existe necessidade de mais pessoal (horas extras, outro turno, alívio de carga, adiantamento de entrega etc), o que na empresa estudada necessita de 2 funcionários. O pulmão vai definir o tempo necessário para compensar (com alguma folga) as atuais interrupções do processo, além de estabelecer os pontos estratégicos de controle. Por fim, é utilizada a Corda, que é a ligação da atividade mais rápida com a mais lenta, ou seja, a gerência faz a programação (o quê, quanto e quando) da liberação dos materiais para a primeira atividade.

### 3.3.4 Elevar as Restrições do Sistema

Identificadas e exploradas as restrições, chega-se agora ao projeto de eliminação dessas restrições. Tem-se que as limitações do espaço físico são investimentos futuros decorrentes da necessidade de um levantamento, referente ao material que pode ser reaproveitado. Existem medidas que podem ser adotadas para eliminar as atuais restrições, conforme discutidas nos tópicos 3.3.2 e 3.3.3.

Para solucionar a restrição, faz-se necessária a avaliação da capacidade atual dos recursos para elevar suas capacidades, tem-se as seguintes capacidades para seus respectivos recursos, conforme o quadro 5.

Recursos	Capacidade Atual
Funcionário A	9.600 min.
Funcionário B	9.600 min.
Funcionário C	9.600 min.
Ferramenta A	1 unidade por funcionário
Ferramenta B	1 unidade por funcionário
Mesa oitavada	8 funcionário
Bancada oitavada	8 funcionário
Área Atual	36 m <sup>2</sup> para 6 funcionários

Quadro 5 – Recursos X Capacidade no processo de montagem

Fonte: Elaborado pelo Autor

No quadro 5, observa-se a capacidade atual de cada recurso empregado na fabricação de 6 produtos. São demonstrados no quadro 5 os 3 funcionários que trabalham no processo de montagem, sendo denominados de Funcionários A, B e C. Já a ferramenta A corresponde a um jogo de chave Allen, a ferramenta B corresponde a um jogo de chave Torques, sendo estas de uso exclusivo de cada funcionário. A Mesa oitavada suporta até 8 funcionários e a bancada também pode ser utilizada por 8 funcionários e por fim, tem-se a área utilizada pela montagem de 36 m<sup>2</sup> para 6 funcionários, no entanto com a contratação de 2 funcionários é necessário aumentar a capacidade destes recursos.

*Por isso, para aumentar a capacidade do gargalo e começar produzir 10 produtos, seria necessário aumentar os seguintes recursos:*

- 2 funcionários, 1 para o período integral, ou seja, 9.600 minutos e outro trabalhando meio período com 4.800 minutos;
- 2 Ferramenta do tipo A,B, pois as que já existem são utilizadas pelos 3 funcionários do processo de montagem, no entanto cada funcionário precisa do seu próprio jogo de ferramentas e
- 12 m<sup>2</sup> de área que será necessária para que estes dois funcionários possam executar suas funções, sendo que atualmente a área utilizada pela produção não suporta mais nenhum funcionário. Esta área já existe na parte que encontra-se ociosa na empresa, e se organizada dará espaço para pelo menos 2 funcionários.

### **3.3.5 Voltando ao Primeiro Passo e Evitando a Inércia**

Considera-se novamente que este passo se trata apenas de uma simulação, pois seria necessária a aplicação da prática dos passos 2 e 4 para a verificação da veracidade da solução destes gargalos.

Apesar disso, pode-se apontar algumas das consequências prováveis para cada medida de exploração ou elevação das restrições. As medidas de exploração poderão se comportar de forma variada. A contratação de novos funcionários, aquisição de novas ferramentas, bem como a ampliação que se faz necessária da fábrica pode levar a produção a não absorver toda a demanda, que com a aceitação



dos pedidos pode passar de 10 para mais unidades. Se a demanda aumentasse para 11 unidades, a análise pode ser visualizada no quadro 6.

Processos	Quantidades de produto	Demanda de tempo por produto em (min.)	Demanda de tempo por processo	Capacidade em (min.) por processo	Diferença (min)
Usinagem	11	960	10.560	19.200	8.640
Produção Eletrônica	11	1.440	15.840	19.200	3.360
Produção de Informática	11	480	5.280	9.600	4.320
Montagem (dos conjuntos e produto)	11	4.167	45.837	43.200	(2.637)
Avaliação da Qualidade	11	960	10.560	9.600	(960)

Quadro 6 - Capacidade, em tempo (minutos) de cada processo para 11 produtos

Fonte : Elaborado pelo Autor

Com o quadro 6, percebe-se que a produção mesmo depois de quebrada as primeiras restrições (montagem dos conjuntos e produtos) não consegue suprir a necessidade de mais 1 produto mensal mesmo aumentado em 14.400 minutos (tempo de disponibilidade dos 2 funcionários), por isso, é necessário retomar o passo 1, para que o sistema não seja atingido pela inércia.

Assim, demonstra-se de grande valia a aplicação do quinto passo: a busca pelo aprimoramento contínuo, onde todas as restrições devem ser revisadas dentro do fluxo produtivo, pois novas restrições sempre irão surgir, e devem ser combatidas para que a empresa possa aumentar seu ganho.



## 4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 4.1 Conclusões

Através do estudo desenvolvido, definiu-se a Teoria das Restrições evidenciando seus conceitos, origens e desenvolvimento da TOC, dando embasamento teórico para identificação das etapas que compõem a TOC demonstrando-se os 5 passos da TOC estabelecido por Goldratt, bem como descreveu-se o processo produtivo da empresa estudada, conforme demonstrado na figura 4, onde foi proposta a aplicação da Teoria das Restrições.

Esta proposta foi possível, porque os dados reais da empresa em estudo foram disponibilizados com toda a liberdade, mas terá que ser dado um retorno concreto para a empresa.

Com os dados e as observações realizadas, através do processo produtivo atualmente desenvolvido na empresa pesquisada, verificou-se os gargalos da produção, que foram identificados no processo de montagem, onde observou-se que a capacidade produtiva é inferior em 12.870 minutos, ou seja, para a produção de 10 unidades do produto, a empresa necessita quebrar este gargalo produtivo para que a entrega do produto não sofra atrasos, onde identificou-se a insuficiência de mão-de-obra, de ferramentas e área de trabalho.

Como proposta das soluções para que este recurso restritivo seja quebrado, sugeriu-se a contratação de 2 funcionários, assim uma das conseqüências desta contratação é o aumento do espaço de produção em 12 m<sup>2</sup> e a compra de ferramentas do tipo A e B.

Através destas análises pode-se chegar à conclusão de que se a empresa estudada aplicar a TOC conseguirá atender toda a demanda atual em tempo hábil e conseqüentemente, alcançará a meta (ganhar dinheiro).

A aplicação da Teoria das Restrições é de vital importância para o crescimento produtivo da empresa estudada, pois depois de identificadas suas limitações seus gestores poderão tomar decisões de maneira a eliminá-los.

## 4.2 Recomendações para Trabalhos Futuros

A falta de estudos aprofundados sobre a TOC, leva a fazer algumas recomendações para estudos complementares:

- fazer um estudo de caso em uma indústria onde a TOC foi implementada, abordando os fatores que facilitam e dificultam a implementação;
- analisar implementações da TOC e as influências na contabilidade gerencial e
- fazer um estudo de caso aplicando a TOC em empresas de prestação de serviços.
- Aplicar a TOC em indústria que trabalham por encomenda e com somente a produção de um produto.

## REFERÊNCIAS

BORNIA, Antonio Cezar. **Análise gerencial de custos, aplicação em empresas modernas**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CORBETT NETO, Thomas Corbett; *Contabilidade de Ganhos*. **A nova contabilidade gerencial de acordo com a Teoria das Restrições**. São Paulo: Nobel 1997.

GIUNTINI, Norberto. **Teoria das Restrições: Uma Nova Forma de “Ver e Pensar” o gerenciamento empresarial**. São Paulo, 2002 Disponível em: <http://www.crbasso.com.br> acesso em: 14/05/2007.

GOLDRATT, Eliyahu M. e COX, Jeff. **A meta**. 4. ed. São Paulo: IMAN, 1990.

GOLRATT, Eliyahu M. **A síndrome do palheiro, garimpendo informações num oceano de dados**. São Paulo: IMAN, 1991.

GOLRATT, Eliyahu M. **Mais que sorte um processo de raciocínio**. São Paulo: Editora Educator, 1994.

GOLDRATT, Eliyahu M. e COX, Jeff. **A meta: Um processo de aprimoramento contínuo**. São Paulo: Educator, 1997.

GUERREIRO, Reinaldo e Catelli, Armando; Santos, R. V. dos. **Teoria das restrições à contabilidade de custos**. In XV Congresso Brasileiro de Contabilidade.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Maria de Andrade. **Metodologia do trabalho científico**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1992.

LUNKES, Rogério João; *Contabilidade Gerencial: Um enfoque na tomada de decisão*. 1. ed. Florianópolis: VisualBooks, 2007.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de custos**. 9ed. São Paulo: Atlas, 2003.

NAKAGAWA, Masayuki, **ABC Custeio baseado em atividades**. São Paulo: Atlas, 1994.

NOREN, Eric; Smith, Debra e Mackey, James T. **A Teoria das restrições e suas implicações na contabilidade gerencial**. São Paulo: Educator, 1996.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SECURATO, José Roberto. **Decisões financeiras em condições de Risco**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. **Introdução à pesquisa científica em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.